

рис.3. Вклад одиночной частицы в форме двояковыпуклого диска и эллипсоида в эффективную вязкость системы для различных коэффициентов растяжения.

Таким образом, на основе реализованного подхода было рассмотрено поведение недеформируемых дисперсных микрочастиц различных форм в сдвиговом потоке, а также изучено их влияние на реологические свойства дисперсных систем в целом.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 18-71-00068.

Список публикаций:

- [1] O A Abramova, A Z Bulatova, N B Fatkullina and Yu A Pityuk Numerical simulation of the dynamics and calculation of the rheological characteristics of the dispersed systems using BEM // *Journal of Physics: Conference Series (JPCS)*. – 2019 – Ser. 1359 012025
- [2] Pityuk Yu. A., Abramova O.A., Fatkullina N.B., Bulatova A.Z. BEM Based Numerical Approach for the Study of the Dispersed Systems Rheological Properties // *Studies in Systems, Decision and Control*. – 2018 – P. 338-352.
- [3] Pozrikidis C. *Boundary Integral and Singularity Methods for Linearized Viscous Flow*. – 1992 (Cambridge University Press, Cambridge, MA).

Форма заряженной капли в электрическом и гравитационном полях

Винокурова Алина Андреевна

Кокора Дарья Валерьевна

Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского

Кузьмичев Юрий Борисович, к.т.н.

alinka.vinokurova@list.ru

Исследование равновесных форм и устойчивости заряженных капель во внешних силовых полях представляет значительный интерес в связи с многочисленными геофизическими, техническими и технологическими приложениями. С поднятой проблемой тесно связаны вопросы электро-аэрозольных технологий, задачи очистки жидких металлов от шлаков и окислов, задачи, возникающие при разработке электро-капле-струйных печатающих устройств, жидкометаллических источников ионов и устройств для масс-спектрометрии органических и термически нестабильных жидкостей. На основе явления неустойчивости заряженной поверхности жидкости созданы устройства для получения порошков тугоплавких металлов, жидкометаллической эпитаксии и литографии, получения капель жидкого водорода для установок термоядерного синтеза.

Неустойчивость заряженной капли, была известна еще в XIX веке. Основы теории этого явления были разработаны английским ученым Дж. Рэлеем и до настоящего времени уточняются и развиваются. Также классические результаты в этой области получены Дж. Тейлором [1]. Его предположения о том, что капля в электростатическом поле принимает форму сфероида, вытянутого вдоль поля, послужило основой для многих работ, посвященных стационарным формам капель и их устойчивости.

Для теоретического исследования неустойчивости была построена математическая модель невязкой несжимаемой жидкости, описываемой уравнением Эйлера:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} = -\frac{1}{\rho} \nabla P + \vec{g} + \vec{P}_E \quad (1)$$

где ρ - плотность жидкости, P - давление в жидкости, \vec{v} - вектор скорости жидкости, \vec{g} - вектор напряженности силового поля, ∇ - оператор набла, P_E - давление электростатического поля на поверхность жидкости.

Для решения используем разложение по полиномам Лежандра:

$$r(\theta) = 1 + f(\theta) = 1 + \sum_{n=0}^{\infty} a_n P_n(\mu) \quad (2)$$

Исследования проводились в системе MATCAD. Выводы, полученные в результате вычислений, представлены на рис. 1.

При нелинейных осцилляциях заряженных капель, подвешенных в электростатическом и гравитационном полях, с вершины капли с большой кривизной может начаться сброс избыточного заряда, что приведет к искажению получаемых в экспериментах данных.

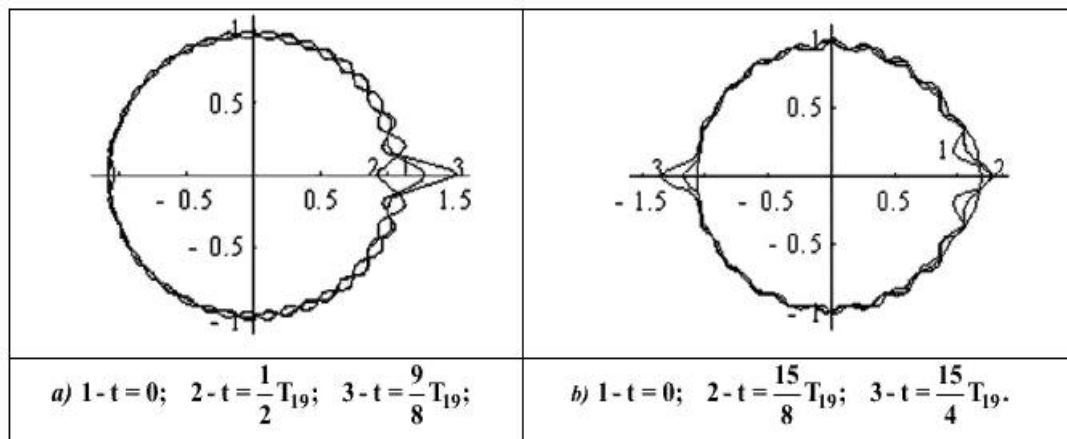


рис. 1. Образующая формы нелинейно осциллирующей капли, когда начальная деформация определена суперпозицией 19-ой и 20-ой мод, в различные моменты времени, измеренные в долях периода 19-ой моды, рассчитанная при $\epsilon = 0.2$, $W = 3.7$, где ϵ -эксцентриситет капли, W безразмерный зарядовый параметр Тейлора.

Исследование действительно показало, что в электрическом и гравитационном полях равновесная форма заряженной капли может считаться вытянутой сфероидальной. При достижении некоторой виртуальной деформации капля начнет самопроизвольно вытягиваться до тех пор, пока не произойдет распад капли либо на несколько частей сравнимых размеров, либо путем эмиссии большого числа сильно заряженных капелек. Таким образом при достижении критического значения на вершинах капли формируются заостренные выступы, с вершин которых начинается сброс избыточного заряда в виде струек капелек. Свойства реальных жидкостей на самом деле могут существенно отличаться от модельных представлений, поэтому полностью объяснить форму заряженной капли в различных внешних полях достаточно трудно.

Трудность состоит в том, что исследования проводятся в линейном приближении по каждому из параметров, а в реальности они являются далеко нелинейным. То есть существует расхождение теоретических данных с экспериментальными. Возможно, стоит рассмотреть приближения не в сферической системе, а в эллиптической. Этим можно добиться меньшего расхождения экспериментальных и теоретических данных [2,3].

Список публикаций:

- [1] Wilson C.T.R., Taylor G.T. The bursting of soap-bubbles in a uniform electric field// Proc. Cambridge Phil. Soc. –1925.–V.22.– P. 720-730.
- [2] S. Mhatre, R. Thaokar, Pin-plate electrode system for emulsification of a higher conductivity leaky dielectric liquid into a low conductivity medium, //Ind. Eng. Chem. Res. 53 (2014) 13488–13496.
- [3] Deshmukh, S. D., Thaokar, R. M. Deformation, breakup and motion of a perfect dielectric drop in a quadrupole electric field. //Phys. Fluids 2012 24, 032105.